28. E. 32.

ca.

J. D. Wadsworth

Das

OPHTHALMOTROP.

Von

Dr. C. G. Th. RUETE,

Professor der Medicin in Göttingen.

(Mit zwei in den Text eingedruckten Holzschnitten).

Abgedruckt aus den Göttinger Studien. 1845.

Göttingen

bei Vandenhoeck und Ruprecht.

1846.

7465.

Das Ophthalmotrop,

dessen Bau und Gebrauch.

Von

C. G. Th. Ruete.

(Mit zwei in den Text eingedruckten Holzschnitten.)

In der Physiologie der Sinneswerkzeuge giebt es wohl kaum einen Gegenstand, der dem Theoretiker wie dem Praktiker von so vielfachem und hohem Interesse ist, als die Untersuchung über die Bewegung des menschlichen und thierischen Auges. Um so beklagenswerther ist es, dass auch über keinen Gegenstand so verschiedene Ansichten existiren, als über diesen, indem sich bis jetzt nur sehr wenige Forscher über den Antheil, den die einzelnen Augenmuskeln an den verschiedenen Bewegungen des Augapfels nehmen, klar und einig sind. Diese Verschiedenheit in den Ansichten beruht auf der noch sehr verbreiteten Unkenntniss des Principes, nach welchem die Bewegungen des Augapfels zu beurtheilen und zu ergründen sind, und auf der Schwierigkeit, sich ohne mechanische Hülfsmittel die mannigfaltigen Combinationen klar vorzustellen, in welche die sechs Muskeln beider Augen während der Richtung der Sehaxen nach den verschiedenen Regionen zu einander treten. Der Hauptirr-

thum, den noch fast Alle bei der Beurtheilung der Function der in Rede stehenden Muskeln begehen, ist aber der, dass man von den einzelnen Muskeln annimmt, ihr Einfluss auf die Richtung der Sehaxe bleibe sich unter allen Verhältnissen gleich, während derselbe doch höchst verschieden ausfallen muss, je nachdem ein Muskel allein wirkt, oder mehrere mit einander in Combination treten. So wird z. B. von Vielen angenommen, der Musc. obliquus inferior richte unter allen Umständen die Sehaxe nach oben und aussen. Dies thut er nur dann, wenn vorher die Sehaxe gerade nach vorn horizontal gerichtet war; war die Sehaxe aber schon vorher durch den Musc. rectus superior und internus nach oben und innen gewandt, so richtet der Musc. obliquus inferior, wenn er in Thätigkeit tritt, dieselbe noch mehr nach oben und innen. Von einer absoluten Wirkung der einzelnen Augenmuskeln in Beziehung auf die durch dieselben bewirkte Richtung der Sehaxe, welche sich unter allen Verhältnissen gleich bleibe, kann daher gar nicht die Rede sein. Will man die Wirkung eines bestimmten Muskels auf die Richtung der Sehaxe bezeichnen, so muss man immer dabei sagen, welche Richtung die Sehaxe vorher hatte.

Das Princip, nach welchem die Bewegungen des Augapfels zu beurtheilen sind, ist ein rein mechanisches; es ist dasselbe, nach welchem man die Rotationen einer frei schwebenden, im Raume aber fixirten, nach den drei Dimensionen des Raumes drehbaren Kugel berechnet. Das Auge hat nämlich nach Krause's genauen Messungen die Form eines Ellipsoid's, auf dem die Hornhaut wie ein Segment einer kleinen Kugel aufsitzt. Das Auge hat also eine der Kugel sich nähernde Form. Auch ist sein Drehpunkt, wie Volkmann (Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes) bewiesen hat, bei allen Bewegungen fixirt, d. h. er bleibt in der Orbita stets an derselben Stelle, mag das Auge sich drehen, wohin es wolle; thäte er das nicht, so würden mancherlei Verwirrungen des Sehens, namentlich Doppelt-

sehen bei den Bewegungen der Augen nach den verschiedenen Richtungen entstehen. Der Augapfel macht demnach bei seinen Bewegungen keine Locomotion, sondern eine reine Rotation.

Das kugelförmige Auge ist im Stande, sich nach jeder beliebigen Richtung zu drehen. Dreht sich eine Kugel nach einer Richtung, so geschieht dies um eine imaginäre oder wirkliche Drehungsaxe, die durch den Mittelpunkt der Kugel (Drehpunkt) läuft. Soll eine Kugel sich nach allen Richtungen, nach den drei Dimensionen des Raumes drehen können, so muss sie drei Drehungsaxen haben, auf welche die drehenden Kräfte in sechs verschiedenen Richtungen wirken. — So ist es beim Auge; daher waren sechs Augenmuskeln unumgänglich nothwendig. Die Lage der Drehungsaxen wird nach der Richtung der auf die Kugel wirkenden Kraft bestimmt. Die Richtung der Kraft wird beim Auge leicht aus dem Ursprunge und dem Ansatzpunkte der Augenmuskeln entnommen. Die Lage der Drehungsaxe richtet sich also nach der Richtung der einfachen oder combinirten Kräfte, welche auf die Peripherie der Kugel wirken; die Drehungsaxe steht nämlich immer senkrecht zu dem Radius, der in der Ebene der Drehungsaxe mit der Richtung der Kraft parallel läuft. Aus der bekannten Richtung, in welcher die Muskeln auf den Bulbus wirken, lässt sich demnach die Lage der Drehungsaxen entnehmen. Die Richtung der Kraft der combinirt thätigen Muskeln und die Lage der dieser combinirten Kraft entsprechenden Drehungsaxe findet man aus der Construction des Parallelogramms der Kräfte. Das Parallelogramm der Kräfte lässt sich aus der Richtung der Schaxe und aus der bekannten Richtung der Kraft der einzelnen Muskeln ableiten. Verfährt man auf diese Weise, so ist es sehr leicht zu bestimmen, welche Muskeln dazu beigetragen haben, der Schaxe die vorhandene Richtung zu geben.

Befinden sich die sechs Muskeln des Auges im Zustande des Gleichgewichtes, so steht die Schaxe horizontal und ge-

rade nach vorn. Dass bei dieser Richtung der Sehaxe sich die Muskeln im Zustande des Gleichgewichtes befinden, geht aus der meistens horizontalen und parallelen Richtung beider Axen bei Neugebornen hervor, die noch nicht gelernt haben, ihre Sehaxen je nach der Entfernung und Richtung der Objecte zu convergiren; ferner aus der gleichen Stellung der Sehaxen bei vollkommen Blinden; aus der parallelen Richtung der Sehaxen im Schlafe beim Liegen auf dem Rücken; aus der gleichen Richtung derselben bei Leichen, welche nicht an Krämpfen verstorben sind, und endlich aus der Betrachtung der Lage der Muskeln und aus der daraus resultirenden Richtung der Drehungsaxen.

Die Sehaxe fällt, wenn die Muskeln sich im Gleichgewichte befinden, bekanntlich nicht zusammen mit der Axe der Augenhöhlenpyramide, sondern sie schneidet sich mit derselben, wenn man den Drehpunkt als Schneidepunkt annimmt, etwa in einem Winkel von 20°. Die Axen beider Augenhöhlenpyramiden schneiden sich in einem Winkel von etwa 45° und treffen sich in der Mitte des Clivus. Eine gleiche Richtung mit der Augenhöhlenaxe hat die Sehnervenaxe. In derselben Richtung wie der Sehnerv erstrecken sich die Mm. rectus superior und inferior zum Augapfel, aber so, dass sie letzteren an den Endpunkten des senkrechten Durchmessers berühren. Aus diesem Grunde kann also die Drehungsaxe für die Mm. rectus superior und inferior nicht mit dem horizontalen Querdurchmesser des Auges zusammenfallen, sondern sie muss eine schräge Richtung etwas von vorn und innen nach hinten und aussen verfolgen. Sie läuft, wie alle übrigen Drehungsaxen, durch den Drehpunkt des Auges und schneidet die optische Axe in einem Winkel von etwa 70°. Hieraus folgt, dass der M. rectus superior die Sehaxe nach oben und etwas nach innen, und der M. rectus inferior nach unten und etwas nach innen wälzt, vorausgesetzt, dass vorher die Sehaxe horizontal nach vorn stand. Diese aus der Theorie sich ergebende Ansicht von der Wirkung der oberen und

unteren geraden Augenmuskeln habe ich schon früher in meiner Schrift über das Schielen etc. auf praktischem Wege bewiesen, indem ich fand, dass auch nach Durchschneidung des inneren geraden Augenmuskels die Sehaxe noch nach oben und innen, nach unten und innen und gerade nach innen gewälzt werden konnte. Da diese Stellungen der Sehaxe mit Hülfe der Mm. obliqui nur dann bewerkstelligt werden können, wenn der M. rectus internus mit ihnen zugleich in Thätigkeit tritt, so folgt daraus, dass diese Stellungen nach der Durchschneidung des letzteren nur durch die oberen und unteren geraden Muskeln vermittelt werden können.

Die Drehungsaxe für die Mm. rectus internus und externus fällt mit dem verticalen Durchmesser des Auges zusammen und schneidet die vorhergenannte Drehungsaxe im rechten Winkel. Der M. rectus internus wälzt also die Pupille gerade nach innen und der externus gerade nach aussen.

Der M. obliquus superior wirkt in der Richtung seines Tendo. Dieser läuft, wie bekannt, durch die Trochlea, welche mit dem Mittelpunkte ihrer Oeffnung etwa 11,9^{mm} oberhalb der horizontalen Mittellinie der Hornhaut, 14,6^{mm} nach innen von der senkrechten Mittellinie der Hornhaut entfernt, und ungefähr in gleicher Ebene mit der Basis der Hornhaut liegt. Vor der Trochlea wendet sich die Sehne unter einem spitzen Winkel nach aussen und hinten, so dass sie mit der optischen Axe etwa einen Winkel von 55° bildet. Die Sehne dringt dann unter den M. rectus superior und befestigt sich, indem sie breit wird, an der oberen Seite des hinteren Umfanges des Augapfels, und zwar an seiner Schläfenseite, in einer der Sehnervenaxe parallelen Linie. Geht man in der Richtung, welche die Sehne des Obliquus superior von der Trochlea bis zur Insertion verfolgt, weiter nach unten und hinten, so trifft man etwas über dem oberen Rande des M. rectus externus an der Schläfenseite des hinteren Umfanges des Bulbus auf die Insertion des M. obliquus inferior. Von der Insertion setzt sich die Sehne dieses Muskels schräg nach

unten und vorn in derselben Richtung, wie die Sehne des Obliquus superior, aber in umgekehrter Ordnung nach unten und vorn in den Muskel fort, der unter dem M. rectus inferior liegend, vom Boden der Orbita, nahe dem Ausgange zwischen dem Canalis infraorbitalis und dem Thränenbein entspringt. Zieht man vom Ursprunge des Obliquus inferior an der inneren Wand der Orbita eine Linie aufwärts bis zur Trochlea, von der Trochlea weiter bis zur Insertion des Tendo des Obliquus superior und von da zur Insertion des Obliquus inferior, und folgt man hier genau dem Laufe des Obliquus inferior, bis zu seinem Ursprunge, so beschreibt man eine ziemlich regelmässige Ellipse. Die schiefen Augenmuskeln umgeben also den Bulbus gleichsam in Form einer Ellipse, deren einer Pol nach innen und vorn, und deren anderer nach aussen und hinten gelegen ist. Der Durchmesser des Auges, welcher normal zu der Ebene dieser Ellipse steht, bildet die Drehungsaxe für die Mm. obliqui. Dieser Durchmesser steht rechtwinklig zu dem Radius, der mit der Richtung der Kraft, in welcher die Obliqui auf den Bulbus wirken, parallel läuft. Die Drehungsaxe läuft demnach, etwas entfernt vom äusseren Rande der Hornhaut, schräg horizontal durch den Drehpunkt nach hinten und innen, etwa 15^0 vom Nervus opticus nach innen entfernt. Diese Axe schneidet die Axe für die Mm. rectus superior und rectus inferior in einem Winkel von etwa 75^0. Um diese Axe wälzt der M. obliquus superior den Bulbus in der Art, dass, wenn vorher die optische Axe horizontal nach vorn gestellt wird, dieselbe jetzt nach unten und aussen gerichtet wird. Dagegen wird die optische Axe durch den Obliquus inferior unter denselben Bedingungen nach oben und aussen gewandt.

Eine Kugel, die sich nach allen Dimensionen des Raumes drehen soll, muss, wie gesagt, drei Drehungsaxen haben, und zwar ist die Drehung der Kugel am freiesten und erfolgt mit dem geringsten Aufwande an Kraft, wenn die

Kräfte so angebracht sind, dass die Drehungsaxen sich alle im rechten Winkel schneiden. Diesem mechanischen Gesetze ist aber bei dem menschlichen Auge nicht vollkommen entsprochen; denn die Axe der Obliqui schneidet die Axe des oberen und unteren geraden Muskels in einem Winkel von 75°, weil der Tendo des Obliquus superior und des Obliquus inferior zur optischen Axe in einem Winkel von etwa 55° steht. Hätte die Natur es so einrichten wollen, dass die Axe der Obliqui die Axe des Rectus superior und Rectus inferior im rechten Winkel schnitte, so hätte auch der Tendo des Obliquus superior, von der Trochlea bis zum Bulbus gerechnet, und des Obliquus inferior die optische Axe fast in einem rechten Winkel schneiden müssen. In diesem Falle hätte aber die Trochlea und der Ursprung des Obliquus inferior weiter zurück in der Orbita liegen müssen und damit wäre dennoch nicht der hinreichende Grad der Wirkung erzielt worden.

Die vier geraden Augenmuskeln reichen vollkommen hin, um den Sehaxen jede beliebige Richtung zu geben, indem sie die Rotation des Bulbus nach zwei Dimensionen des Raumes bewirken, nämlich die nach der vertikalen und horizontalen. Die Obliqui realisiren dagegen die Rotation nach der dritten Dimension des Raumes. Hueck, Volkmann und auch ich glaubten früher, die Obliqui dienten dazu, die vertikalen Durchmesser oder Meridiane der Augen bei den verschiedensten Bewegungen der Augen und des Kopfes stets vertikal und parallel und die horizontalen Meridiane stets horizontal und parallel zu erhalten. Die Unrichtigkeit dieser Ansicht aber geht zur Genüge aus der Stellung der Nachbilder bei der Bewegung der Augen und des Kopfes hervor. Schaue ich bei vertikaler Richtung des Kopfes ein Licht so lange an, bis mir ein deutliches Nachbild davon in den Augen bleibt, und neige ich darauf den Kopf zur Seite, so nimmt auch das Nachbild eine der Neigung des Kopfes entsprechend geneigte Richtung an. Betrachte ich dagegen das

Licht bei geneigtem Kopfe und richte ich bei vorhandenem Nachbilde denselben gerade, so erscheint mir das Nachbild bei aufrecht stehendem Kopfe geneigt, während mir das Licht selbst bei geneigtem Kopfe aufrecht erschien. Auf ähnliche Weise verhält es sich, wenn ich den Kopf fixire, aber die Augen bewege. Schaue ich unter solchen Verhältnissen ein Licht an und richte ich darauf die Augen vom Lichte weg nach oben und links, so erscheint mir das Nachbild nach links geneigt. Diese Versuche gelingen am besten in einem dunkeln Raume.

Die Mm. obliqui dienen bloss dazu, um die vertikalen und horizontalen Meridiane beider Augen stets parallel, aber nicht vertikal und horizontal zu erhalten. Dies ist zum einfachen Sehen mit beiden Augen nothwendig und hinreichend. Mit der Accommodation des Auges für nahe und ferne Objecte haben weder die geraden noch die schiefen Augenmuskeln etwas zu thun, was ich in meinem Buche über das Schielen, in meinen klinischen Beiträgen und in meinem Lehrbuche der Ophthalmologie bewiesen zu haben glaube.

Die vier geraden Augenmuskeln sind Antagonisten der beiden Obliqui; die geraden Muskeln ziehen den Bulbus zurück, die Obliqui vorwärts. Durch diesen Mechanismus wird mit Hülfe des Fettes das Auge balancirt und zwar so, dass, bei vollkommenem Gleichgewichte aller Muskeln, die Sehaxe horizontal nach vorn gestellt ist.

Wird einer der vier geraden Muskeln durchschnitten, so tritt der Bulbus etwas aus der Orbita hervor, wird einer der Obliqui durchschnitten, so sinkt er tiefer in dieselbe zurück.

Die beiden Obliqui sind zugleich mit dem Rectus externus Antagonisten des Rectus superior, inferior und internus.

In der Physiologie der Augen ist vielfach davon die Rede gewesen, ob unter einzelnen Augenmuskeln ein constanter Consensus, unter anderen ein constanter Antagonismus existire, und ob dieses ein angebornes oder erworbenes Verhältniss sei, ob es einen speciellen in der Organisa-

tion der Theile, in der Vertheilung der Nerven liegenden Grund habe.

J. Müller, Valentin und Andere sind der Ansicht, es sei der Consensus und Antagonismus constant und angeboren und habe einen speciellen organischen Grund. Dieser Ansicht kann ich nicht vollkommen beipflichten und habe die Gründe, welche dagegen sprechen, in meinen oben angeführten Schriften entwickelt. Dieselben Muskeln treten, je nach dem Bedürfnisse des Sehens, bald in einen Antagonismus, bald in einen Consensus. Die Muskeln müssen immer so wirken, dass die Sehaxen sich stets auf einem Punkte des Objectes kreuzen und dass die Netzhäute stets vertikal oder horizontal gegen das Object orientirt werden. Nur unter Erfüllung dieser Bedingungen können gleichnamige Stellen beider Netzhäute von dem Objecte afficirt werden, was die nothwendige Bedingung zum einfachen und deutlichen Sehen ist.

Um des einfachen und deutlichen Sehens willen ist also eine harmonische Stellung der Sehaxen und der entsprechenden Meridiane beider Augen nothwendig. Diese kann wiederum nur durch eine harmonische Function der Augenmuskeln realisirt werden. Die harmonische Funktion der Augenmuskeln aber ist die secundäre nothwendige Folge der Identität der entsprechenden Stellen beider Netzhäute, und nicht das Resultat eines angebornen, in der eigenthümlichen Vertheilung der Nerven, oder in einem anderen anatomischen Verhältnisse liegenden Consensus derselben. Dieselben Muskeln wirken, je nach dem Bedürfniss, bald consensuell, bald antagonistisch. Dies wird aus folgenden Thatsachen, die leicht durch das Ophthalmotrop bewiesen werden können, einleuchten.

Beim Blick gerade aus auf einen unendlich weiten Gegenstand sind die sechs Muskeln beider Augen gleichmässig in einem geringen Grade contrahirt; wendet sich darauf der Blick auf einen mit den horizontal gestellten Sehaxen in glei-

cher Ebene liegenden, nahen Gegenstand, so werden beide Mm. recti interni, und die Mm. superiores und inferiores beider Augen angespannt, während die Mm. recti externi erschlafft werden.

Beim Blicke gerade nach oben oder unten, mit parallelen Sehaxen, sind die Mm. recti superiores und inferiores und zugleich die Mm. obliqui inferiores thätig, während die Obliqui superiores erschlafft sind und die Mm. recti interni und externi im Gleichgewicht bleiben.

Die Richtung der Sehaxen nach oben und innen wird an beiden Augen vermittelt durch die Mm. recti interni und superiores, wobei die Mm. obliqui inferiores den Parallelismus der Trennungslinien (Meridiane) aufrecht erhalten.

Bei der Richtung der Sehaxen nach unten und innen, welche die Mm. recti interni und inferiores vermitteln, wird der Parallelismus jener Linien durch die Contraction der Obliqui superiores aufrecht erhalten.

Die Richtung der Sehaxen nach unten und links wird am linken Auge durch den M. rectus externus und inferior und durch Obliquus superior vermittelt, wobei der M. obliquus inferior den dem M. obliquus superior durch eine kräftige Contraction so entgegen wirken muss, dass die parallele Richtung der Trennungslinien aufrecht erhalten wird, während am rechten Auge die Richtung der Sehaxe durch den M. rectus internus und inferior und der Parallelismus der Trennungslinien durch den M. obliquus superior vermittelt wird.

Bei der Richtung der Sehaxen nach unten und rechts verhält es sich am linken Auge, wie in dem vorhergehenden Falle am rechten, und am rechten Auge, wie in dem vorhergehenden Falle am linken.

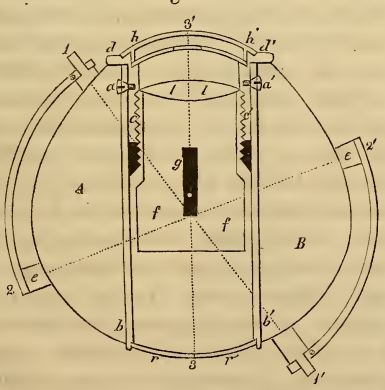
Die Richtung der Sehaxen nach oben und links wird am linken Auge hervorgebracht durch den M. rectus externus, superior und obliquus inferior, und der M. obliquus superior sorgt dabei für die Aufrechthaltung des Parallelismus der Trennungslinien. Dieselbe Richtung wird am rechten Auge

durch den M. rectus internus und superior und der Parallelismus der Trennungslinien durch den Obliquus inferior realisirt.

Bei der Richtung der Sehaxen nach oben und rechts verhalten sich die Muskelcontractionen am linken Auge, wie in dem vorhergehenden Falle am rechten, und am rechten Auge, wie in dem vorhergehenden Falle am linken (mein Lehrbuch der Ophthalmologie. Absch. Einfachsehen mit zwei Augen).

Um die genannten Muskelfunctionen und auch viele optische Erscheinungen deutlich zu demonstriren, und um der Phantasie und dem Gedächtnisse bei der Auffassung dieser schwer zu durchschauenden Verhältnisse zu Hülfe zu kommen, habe ich mir ein Instrument ausgedacht, welches ich mit dem Namen Ophthalmotrop belegt habe. Dasselbe besteht aus zwei neben einander in entsprechender Entfernung aufgestellten künstlichen Augen, von denen ein jedes in drei so in einander greifenden Ringen befestigt ist, dass die drei Drehungsaxen, um welche es bewegt werden kann, sich ganz in denselben Winkeln, wie im natürlichen Auge, schneiden.

Fig. I.

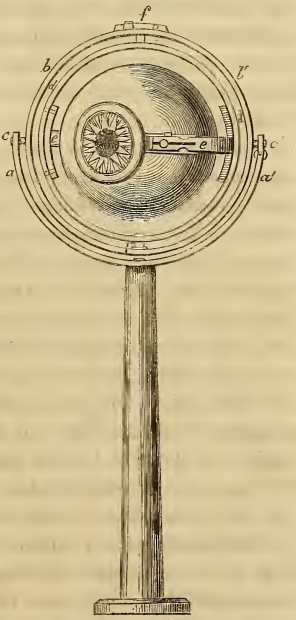


Das Auge selbst *A. B.* (Fig. I) ist aus Elfenbein, oder aus Buchsbaum gefertigt, und hat genau die Form des Bulbus, die Krause als die richtige ermittelt hat. Das Auge, wovon Fig. I einen horizontalen Durchschnitt darstellt, ist in der Richtung der optischen Axe durchbohrt. In diese Durchbohrung wird ein

messingener hohler Cylinder *a b*, *a' b'*, befestiget, welcher im Inneren glatt, cylindrisch ausgearbeitet und mit einem schwarzen Pigment überzogen ist. In den vorderen Theil dieses hohlen Cylinders lässt sich die Hülse *c c'* stecken, und vermittelst ihres Randes *d d'* herumdrehen; damit sich aber bei diesem Drehen die Hülse nicht herausziehen lässt, ist vorn an der Stelle, wo die kleinen versenkten Schrauben in der Zeichnung sichtbar sind, eine Nuthe in die Hülse gedreht, in welche die in dem Cylinder *a b*, *a' b'* befestigten vier Schrauben eingreifen. In der Figur sind nur zwei dieser Schrauben sichtbar. Die Hülse *c c'* ist im Innern mit einem Schraubengewinde versehen und dient der Hülse *f f* zur Mutter; *f f* lässt sich in *a b*, *a' b'* der Länge nach verschieben, ohne sich dabei zu drehen, indem durch den länglichen Schlitz *g* ein Stift geht, welcher in *a b*, *a' b'* festsitzt. Wird nun die Hülse *c c'* an ihrem Rande *d d'* gedreht, so wird sich bei dieser Drehung die Hülse *f f* in *c c'* schrauben. Durch diese Drehung kann man also der Hülse *f f* eine sehr feine lineare Bewegung geben. Diese lineare Bewegung dient dazu, um die in der Hülse *f f* festsitzende Linse *l l*, welche eine Brennweite von 44^{mm} hat, zum Zwecke der Accommodation für nahe und ferne Objecte, je nachdem man *d d'* rechts oder links herumdreht, vor- oder rückwärts zu schieben. In dem Cylinder *a b*, *a' b'* befindet sich bei *r r'* ein mattgeschliffenes, nach der Form des hinteren Theiles des Augapfels gewölbtes Hohlglas, welches das Bild der Objecte auffängt. In dieses Hohlglas ist ein vertikaler und horizontaler Strich geschnitten, der dasselbe, gleich einem Fadenkreuze, in vier gleiche Theile theilt, damit man leicht die identischen Stellen beider Netzhäute bestimmen kann. Vor der Linse *l l* befindet sich anstatt der Iris ein Diaphragma von Messing mit einer Pupille von mittlerer Grösse, welches hinten schwarz und vorn blau gefärbt ist. Dasselbe ist wie das die Hornhaut vorstellende Glas *h h'* in der Hülse *c c'* befestigt. Ausserdem sind an

dieser Figur noch die am vertikal stehenden Kreise *e e* der Fig. I und *d d* der Fig. II befestigten Segmente 1. 2 und 1′. 2′ eines horizontalen Kreises, welche zur Fixirung der Drehungsaxe 1 1′ der Mm. obliqui dienen, ferner die Drehungsaxe 2. 2 für die Mm. rectus superior und rectus inferior, so wie auch die optische Axe 3. 3. durch Punkte angegeben.

Fig. II.



Das Auge ruht auf einer Säule Fig. II, von welcher ein feststehender Halbkreis *a a′* ausgeht. An den Endpunkten dieses vertikal stehenden Halbkreises ist an jeder Seite ein Kreis von Messing *b b′* durch ein Charniere *c c′* befestiget, so dass der Kreis um eine horizontale Axe 2. 2′ Fig. I und *c c′* Fig. II, welche der Drehungsaxe des oberen und unteren geraden Augenmuskels entspricht, gedreht werden kann. In diesem Kreise befindet sich ein zweiter Kreis *d d* Fig. II und *e e* Fig. I, der in dem ersten Kreise oben und unten *f f* Fig. II befestiget ist, so dass der zweite Kreis um eine vertikale Axe, welche der Drehungsaxe des inneren und äusseren geraden Muskels entspricht, gedreht werden kann. Von beiden Seiten dieses Kreises entspringt von der Mitte desselben ein Segment eines horizontalen Kreises *e e* Fig. II und 1. 2, 1′ 2′. Fig. I. Das eine dieser Segmente 1′. 2′ Fig. I läuft am linken Auge horizontal von der rechten Seite des

Kreises *e e* Fig. I und *d d* Fig. II bis zu dem Punkte 1′ Fig. I des Augapfels, der dem hinteren Ende der Drehungsaxe für die schiefen Augenmuskeln entspricht, und ist dort am Augapfel durch ein Charniere befestiget. Das andere Segment 1. 2. Fig. I und *e* Fig. II läuft von der linken Seite des genannten Kreises horizontal nach vorn bis zu dem vorderen Endpunkte 1 der genannten Drehungsaxe, wo es ebenfalls durch ein Charniere befestiget ist. Quer durch ein jedes Charniere läuft eine Schraube, welche dasselbe etwas zusammendrückt, damit Reibung genug da ist, um das Auge in jeder Stellung verbleiben zu lassen, die man ihm ertheilt. Diese Schrauben sind bei 11′ Fig. I und *c′*, *e* und *f* Fig. II. sichtbar.

Um die schräg von vorn und aussen horizontal nach hinten und innen laufende Axe 1. 1′ Fig. I wird der Augapfel im Sinne der Obliqui gewälzt. Die Figg. I und II stellen beide ein linkes Auge dar; ein rechtes Auge ist im Inneren ganz auf dieselbe Weise construirt, nur sind die Segmente des horizontalen Kreises in umgekehrter Ordnung angebracht. Die Segmente müssen an beiden Augen so lang sein, dass die Drehungsaxe für die schiefen Augenmuskeln, wenn die Sehaxe horizontal und gerade nach vorn steht, mit der Drehungsaxe für den oberen und unteren geraden Augenmuskel, welche schräg von innen und vorn, nach hinten und aussen 2. 2 Fig. I durch den Augapfel läuft, einen Winkel von etwa 75 Grad bildet. Stellt man nun ein rechtes und ein linkes Auge in der Art neben einander auf, dass der Mittelpunkt beider Pupillen etwa 65^{mm} von einander entfernt ist (wenn nämlich die künstlichen Augen so gross, wie die menschlichen sind), und richtet man die Sehaxen horizontal parallel, so haben die Kreise und die Augen eine Stellung, wie dieselbe beim Menschen nach der Lage der Augenhöhlen und der Muskeln sein muss, vorausgesetzt, dass die Muskeln sich im Gleichgewichte befinden. Dies ist die Stellung, von der man ausgehen muss, wenn man die

übrigen möglichen Stellungen der Augen nachzuahmen und den Antheil, den die einzelnen Muskeln bei der Richtung der Sehaxen nach den verschiedenen Regionen haben, zu beurtheilen beabsichtigt [1]).

Das Ophthalmotrop kann, wie schon gesagt, zur Erläuterung gar mannigfaltiger Erscheinungen am gesunden und kranken Gesichtsorgan benutzt werden. Eine Anleitung zum Gebrauche des Instruments wird daher den jetzt schon zahlreichen Besitzern desselben gewiss nicht unwillkommen sein.

1. Will man den Antheil, den die einzelnen Muskeln auf die verschiedenen Stellungen der Sehaxen und auf die Orientirung der Netzhautbilder ausüben, erforschen, so hefte man auf eine schwarze Tafel zwei schmale weisse Papierstreifen in Form eines aufrecht stehenden Kreuzes, und setze das Ophthalmotrop in einer Entfernung von 4—6 Fuss von der Tafel auf ein Stativ, welches man, je nach dem Bedürfnisse, höher oder niedriger stellen kann. Darauf richte man die optische Axe beider Augen des Ophthalmotrops, dessen Refractionsvermögen man vorher genau für die Entfernung des Kreuzes eingerichtet hat, auf den Mittelpunkt des Kreuzes. Steht der Mittelpunkt beider Augen des Ophthalmotrops hierbei in gleicher Höhe mit dem Mittelpunkte des Kreuzes, so sieht man letzteres in umgekehrter Ordnung, aber sowohl vertikal als horizontal orientirt, d. h. die entsprechenden Theile des Kreuzes auf den identischen Stellen beider Netzhäute. Stellt man dann aber das Stativ höher oder niedriger als das Kreuz, so dass man die optischen Axen des Ophthalmotrops nach oben oder nach unten, um sie auf den Mittelpunkt des Kreuzes zu richten, wenden muss, oder stellt man das Stativ so, dass das Kreuz nach oben und rechts, oder nach oben und links, oder nach unten und rechts, oder

1) Ophthalmotrope, sehr genau und elegant gearbeitet, sind für den billigen Preis von 17 Rthlr. das Stück, bei dem Universitäts-Mechanicus, Herrn Inspector Meyerstein in Göttingen zu bekommen.

nach unten und links vom Ophthalmotrop zu stehen kommt, und richtet man dann die optischen Axen auf den Mittelpunkt des Kreuzes, so wird man die Unmöglichkeit einsehen, das Kreuz gleichzeitig, sowohl horizontal als vertikal zu orientiren. Man wird immer nur im Stande sein, entweder nur die vertikalen, oder nur die horizontalen Schenkel des Kreuzes auf identische Stellen beider Netzhäute zu bringen. Auf diese Weise wird es also bewiesen, dass man, bei den genannten Stellungen der Augen, immer nur einzelne Theile, auch selbst solcher Körper, welche nur in zwei Dimensionen erscheinen, einfach und deutlich sieht. Noch viel schwieriger, als die Orientirung der Objecte von zwei Dimensionen, ist die Orientirung der Objecte von drei Dimensionen. Richtet man die beiden Augen des Ophthalmotrops auf eine Stelle eines weissen Objectes, am besten auf ein weisses Porcellangefäss, so stellt sich in beiden Augen das Bild desselben verschieden dar, indem das eine Auge einen anderen Gesichtskreis hat, als das andere. Es ist demnach unmöglich, das Bild eines Objectes von drei Dimensionen durch eine bestimmte geometrische Stellung der Augen vollständig auf identische Stellen beider Netzhäute zu bringen. Hieraus, wie aus den Erscheinungen am Stereoskop, geht evident hervor, dass man beim Anschauen eines körperlichen Objectes zur Zeit stets nur wenige Punkte desselben, nämlich die, auf welchen die optischen Axen sich kreuzen, einfach sieht, und dass zur Erlangung eines einfachen Eindruckes eines Körpers eine Fortbewegung der Axenkreuzung in verschiedenen Distanzen nothwendig ist. Der bleibende Eindruck des Körpers in allen Dimensionen geht demnach daraus hervor, dass die Sehweite und Axenkreuzung beider Augen in einem fortwährenden Schwanken zwischen dem Horopter für den entferntesten und dem für den nächsten Punkt des Objectes bleiben, nachdem sie einmal alle Veränderungen durchlaufen haben, die nöthig sind, damit alle sichtbaren Punkte des Körpers

in den Horopter fallen. Einzelne Punkte des Körpers werden dabei aber dennoch immer nur von einem Auge wahrgenommen werden können.

2. Eine wesentliche Bedingung zum einfachen Sehen mit beiden Augen ist die, dass die Sehaxen in einem Punkte des Objectes, welches sich in einer dem Accommodationsvermögen entsprechenden Entfernung befindet, sich schneiden. Die Erfüllung dieser Bedingung reicht aber allein noch nicht aus, sondern es müssen zugleich die Drehpunkte beider Augen unverrückt an derselben Stelle verharren und der Parallelismus der s. g. Meridiane beider Augen aufrecht erhalten werden. Nur unter Erfüllung dieser Bedingungen treffen die Lichtstrahlen des fixirten Objectes Stellen beider Netzhäute, welche die Eigenschaft haben, zugleich afficirt, nur ein einfaches Bild der Seele vorzuhalten, welche also, wie man sich ausdrückt, identisch sind.

Aber nicht nur das Object, auf welchem sich die beiden Sehaxen kreuzen, erscheint einfach, sondern auch alle die, welche in dem Kreise liegen, der von dem Kreuzungspunkte der Sehaxen, durch den Mittelpunkt beider Augen laufend gedacht wird. Alle übrigen Objecte erscheinen doppelt, was beim gewöhnlichen Sehen freilich ganz unbeachtet bleibt. Der gedachte Kreis wird der Horopter genannt. Auch diese Thatsache kann durch das Ophthalmotrop bewiesen werden. Man ziehe auf einem Brette, in welchem vorn zwei Ausschnitte für beide Augen des Ophthalmotrops sich befinden, einen Kreis, der durch die Mittelpunkte beider Augen fällt, stelle auf den Punkt des Kreises, der dem Mittelpunkte zwischen beiden Augen gerade gegenüber liegt, ein Wachslichtchen und auf dem Kreise herum in gleichmässiger Entfernung mehrere Wachslichtchen von gleicher Länge, richte dann die optische Axe beider Augen auf das mittelste Licht, so wird nicht blos dieses Licht, sondern es werden auch alle die daneben stehenden Lichter, welche

sich auf dem der Retina entsprechenedn Glase der Augen abbilden, auf identischen Stellen erscheinen.

3. Volkmann hat bewiesen, dass der Drehpunkt beider Augen, bei normaler Function, stets unverrückt an derselben Stelle in der Orbita verharren müsse; thäte er das nicht, so würden mancherlei Verwirrungen, namentlich Doppelsehen, bei den Bewegungen der Augen nach verschiedenen Richtungen entstehen. Der Bulbus macht demnach bei den Bewegungen keine Locomotion, sondern eine reine Rotation. Dies ist mehrfach bezweifelt worden; schielt man nämlich mit einem Auge von der Seite nach einem hellen Körper, während das andere geschlossen ist, und macht man den Körper dadurch unsichtbar, dass man ein Kartenblatt zwischen das Auge und den Körper so einschiebt, dass die Grenzen des letzteren genau bedeckt sind, so springt derselbe sogleich wieder ins Gesichtsfeld, wenn man das Auge etwas nach der entgegengesetzten Seite wendet. Aus dieser Erscheinung schloss man, dass sich der Drehpunkt dabei etwas nach vorn bewegen müsse. Dies folgt aber nicht aus ihr, indem man dieselbe auch mit dem Ophthalmotrop, dessen Drehpunkt unverrückbar ist, nachmachen kann.

4. Will man ganz genaue Messungen über die Quantität des Antheiles eines jeden Muskels an den verschiedenen Stellungen des Auges anstellen, so muss man das die Retina vorstellende concave Glas beider Augen des Ophthalmotrops genau theilen, oder einen vertikalen und horizontalen getheilten Kreis anbringen lassen, und dann das Ophthalmotrop von verschiedenen Richtungen auf den Mittelpunkt des oben genannten Papierkreuzes richten. So genaue Messungen, wie auf diese Weise möglich werden, sind aber zu den gewöhnlichen Zwecken unnöthig.

Eine ziemlich genaue Bestimmung des Antheiles der einzelnen Muskeln an den verschiedenen Stellungen des Auges ist aber nicht bloss zur Erläuterung der normalen Functionen nothwendig, sondern auch ganz besonders zur Ermittelung

des Grades der Verkürzung der einzelnen Muskeln bei abnormer Stellung der Sehaxen, beim Schielen; denn hierbei reicht es, zum Zweck einer gründlichen Heilung durch die Operation, nicht hin, bloss zu bestimmen, welche Muskeln ein widernatürliches Uebergewicht haben, sondern es muss auch noch der Grad der Verkürzung der einzelnen Muskeln erforscht werden. Die Muskeln müssen nämlich, je nachdem sie einen grösseren oder geringeren Antheil an der abnormen Stellung der Sehaxe nehmen, weiter nach hinten oder nach vorn durchschnitten werden. Zu diesem Zwecke misst man beim Schielen zuerst den Grad der Abweichung der Sehaxen von der normalen Richtung beim Fixiren eines Objectes in verschiedenen Entfernungen. Dies verrichtet man am besten nach der schon in meinem Buche über das Schielen angegebenen einfachen Methode: man nehme ein etwa 8 Zoll breites, 4—6 Fuss langes Brett, an dessen einem Ende sich in der Mitte ein Ausschnitt für die Nase befindet. Von der Mitte dieses Ausschnittes sei nach der ganzen Länge des Brettes eine, dasselbe der Länge nach halbirende Linie gezogen. Dieses Brett lege man auf ein Stativ, welches man so hoch schraubt, dass die Oberfläche des Brettes mit dem unteren Rande der Pupille des Kranken in gleicher Höhe steht. Der Kranke sitze dabei gerade und aufrecht und schiebe seine Nase in den Ausschnitt des Brettes. Darauf stecke man auf die in der Mitte zwischen beiden Augen liegende Linie des Brettes eine Stecknadel so weit entfernt, dass der zu Untersuchende sie einfach und deutlich sieht. Bei einem gesunden Menschen werden sich dabei beide Sehaxen in einem Punkte der Nadel schneiden, was man genau erkennt, wenn man von der Nadel nach der Mitte der Pupille von der einen und der anderen Seite visirt. Noch deutlicher erscheint dies, wenn man gerade vor die Mitte einer jeden Pupille eine Stecknadel, an der ein feiner Faden befestigt ist, in das Brett sticht und nun die Fäden in der Richtung der optischen Axe eines jeden Auges anzieht. Bei

einem Schielenden werden sich die Sehaxen nicht auf einem Punkte der Nadel kreuzen, sondern es wird bei einem convergirend Schielenden die Sehaxe des schielenden Auges die Sehaxe des die Nadel fixirenden Auges vor dem Objecte schneiden, und zwar um so näher dem Auge, je bedeutender der Grad des Schielens ist. Ein Mensch, der bald mit dem einen, bald mit dem anderen Auge convergirend schielt, fixirt willkürlich bald mit dem einen und bald mit dem anderen Auge die Nadel, während die Sehaxe des nicht fixirenden Auges, je nachdem es stärker oder schwächer schielt, die Sehaxe des fixirenden Auges näher oder entfernter von den Augen vor der Nadel schneidet. Die Grösse des Winkels, der von den sich kreuzenden Sehaxen der Augen, welche die Nadel in verschiedenen Entfernungen fixiren, gebildet wird, und der mit einem Winkelmesser bestimmt werden kann, zeigt uns den Grad der Abweichung des schielenden Auges. Bei einem geringeren oder grösseren Grade des durch ein krankhaftes Uebergewicht des äusseren geraden Augenmuskels bedingten Strabismus externus, schneidet die Sehaxe des schielenden Auges die Sehaxe des die Nadel fixirenden Auges entweder näher oder weiter entfernt hinter der Nadel, oder die Sehaxen stehen parallel, oder gar divergent. In allen diesen Fällen kann man bei der angegebenen Untersuchungsmethode den Winkel, den die nach vorn verlängert gedachten Augenaxen, wenn sie sich überhaupt noch schneiden, hinter dem Objecte der Fixation bilden, oder auch den Grad der Divergenz, wenn die nach vorn verlängert gedachten Sehaxen sich nicht mehr schneiden, durch einen Transporteur messen. Entsprechend den beim Schielen gefundenen Winkeln, welche von den Sehaxen beim Fixiren der Nadel in verschiedenen Entfernungen gebildet werden, richtet man die optischen Axen der Augen des Ophthalmotrops, und berechnet danach den Antheil der einzelnen Muskeln bei den entsprechenden abnormen Stellungen.

5. Ein Object kann nur dann ein deutliches Bild, in dem alle einzelnen Punkte desselben, welche Lichtstrahlen ins Auge schicken, als gesonderte wahrgenommen werden sollen, auf der Retina entwerfen, wenn die Vereinigungsweite der Lichtstrahlen eines jeden von den entsprechenden Punkten kommenden Lichtkegels genau auf die Oberfläche der Retina fällt. Da nun die Vereinigungsweite der Lichtstrahlen für ferne Gegenstände der Linse etwas näher, für nähere der Linse ferner liegt, so folgt daraus, dass zum Sehen der Objecte in verschiedener Entfernung gewisse innere Veränderungen des Auges nothwendig sind, durch welche sein Refractionszustand der Entfernung der Objecte angepasst wird. Die Richtigkeit dieses nach optischen Gesetzen schon feststehenden Satzes wird durch folgende Thatsache noch mehr erhärtet: visirt man mit nur einem offenen Auge die sich deckenden Enden zweier Nadeln, welche in verschiedener Entfernung hinter einander aufgestellt sind, so erscheint die erste deutlich, wenn die zweite nebelicht gesehen, und die zweite deutlich, wenn die erste undeutlich gesehen wird. Beide Bilder liegen in der optischen Axe und decken sich, und doch hängt es von einer willkürlichen im Auge fühlbaren Anstrengung ab, das erste oder das zweite deutlich zu sehen. Auch dieses Experiment kann man mit dem Ophthalmotrop nachmachen und dadurch den rein physikalischen Grund desselben beweisen. Richtet man die optische Axe des einen Auges des Instrumentes auf die hinter einander aufgestellten Nadeln und accommodirt man das künstliche Auge für die erste Nadel, so erscheint diese in demselben deutlich, während die zweite undeutlich und nebelicht gesehen wird. Umgekehrt verhält es sich, wenn man das Auge für die zweite Nadel accommodirt.

Magendie läugnet das Accommodationsvermögen und beruft sich darauf, dass das Bild, welches man im Auge eines rein präparirten Kaninchenauges wahrnimmt, an Deutlichkeit nicht verliere, wenn auch der Gegenstand seine Ent-

fernung verändere. Dasselbe behauptet Valentin von den Bildern im künstlichen Auge. Betrachtet man aber die Bilder auch nur wenig von einander entfernter Objecte im präparirten Kaninchenauge, oder im künstlichen Auge des Ophthalmotrops mit der Loupe, so sieht man sehr gut die Verschiedenheit in der Schärfe ihrer Conturen.

Das auf der Netzhaut erscheinende Bild kann sich also nach den Gesetzen der Dioptrik nur dann vollkommen rein und scharf darstellen, wenn die vom Objecte in das Auge fallenden Lichtstrahlen, die zu demselben Lichtkegel gehören, auf einem Punkte der Retina sich schneiden. Fällt der Schneidepunkt vor oder hinter die Retina, so bilden sich Zerstreuungskreise, welche ein verwaschenes, undeutliches und selbst mit dioptrischen Farben vermischtes Bild geben. Solche Zerstreuungskreise entstehen, wenn das Object sich über eine gewisse Grenze, die bei verschiedenen Menschen verschieden ist, zu weit oder zu nahe vor dem Auge befindet. Die deutlichste Anschauung von der Natur der Zerstreuungskreise kann man sich mittelst des Ophthalmotrops verschaffen. Man stelle vor demselben in einiger Entfernung ein Licht auf, richte auf dasselbe die künstlichen Augen und accommodire diese für die Entfernung des Lichtes, so wird das Licht sich deutlich und scharf in demselben abbilden; nähert man dann das Licht dem Ophthalmotrop, oder entfernt man es nach und nach um ein Bedeutendes, so wird das Bild desselben anfangs undeutlich und verwaschen und am Ende in der Form eines nach der Peripherie immer mehr verwaschenen Kreises erscheinen.

Auch der Nutzen der Brillen kann am Ophthalmotrop versinnlicht werden. Stellt man vor demselben in einiger Entfernung ein Licht auf, und accommodirt man die künstlichen Augen für einen näheren oder ferneren Punkt, so wird das Licht sich in denselben in Form eines Zerstreuungskreises darstellen, aber sogleich deutlich und mit scharfen Conturen erscheinen, so wie man, je nachdem die künst-

lichen Augen für einen näheren oder ferneren Punkt accommodirt sind, ein passendes concaves oder convexes Glas vor dieselben hält.

Von allen Hypothesen, die zur Erklärung des Accommodationsvermögens des Auges für Objecte verschiedener Entfernung aufgestellt sind, hat diejenige, nach welcher die in der tellerförmigen Grube etwas bewegliche Crystalllinse bei dem Nahesehen um ein Minimum vorrücke und beim Fernsehen etwas zurücktrete, theoretisch am wenigsten gegen sich (Lehrbuch der Ophthalmologie, Seite 104 etc.). Aus diesem Grunde habe ich denn auch im künstlichen Auge das die Crystalllinse vertretende biconvexe Glas in der Art befestigt, dass durch ein Vor- und Zurückschrauben desselben die Accommodation für nahe und ferne Objecte bewirkt wird. Hierauf bezügliche Experimente mit dem Ophthalmotrop sind wenigstens für die Zuhörer in den Vorlesungen anregend und lehrreich.

Die Kurzsichtigkeit ist bekanntlich derjenige Zustand des Sehvermögens, in welchem nahe Gegenstände deutlich und scharf, ferne dagegen undeutlich oder gar nicht gesehen werden. Der Kurzsichtige sieht aber kleine Gegenstände deutlicher als der Weitsichtige, weil dieselben in grosser Nähe gesehen unter einem viel grösseren Gesichtswinkel erscheinen. Ebenso sieht der Kurzsichtige kleine Gegenstände bei einem schwachen Lichte deutlicher, als der Weitsichtige, weil ein Object, wenn es nahe gehalten wird, nach bekannten optischen Gesetzen mehr Lichtstrahlen ins Auge schickt, als wenn es fern vom Auge sich befindet. Es liest daher der Kurzsichtige in der Dämmerung noch mit Leichtigkeit, wo der Weitsichtige gar nicht mehr zu lesen im Stande ist. Auch diese Thatsache kann durch ein Experiment mit dem Ophthalmotrop nachgeahmt werden. Accommodirt man die künstlichen Augen bei schwachem äusseren Lichte für einen etwas weiter entfernt liegenden weissen Körper, so wird man das Abbild davon nur kaum

im Ophthalmotrop wahrnehmen; bringt man nun aber den Körper um ein Bedeutendes näher, und accommodirt man die künstlichen Augen der Entfernung des Körpers entsprechend, so wird das Abbild desselben um vieles klarer im Ophthalmotrop erscheinen.

Bekanntlich vereinigen sich diejenigen Lichtstrahlen, welche durch den Rand einer dioptrischen convexen Linse treten, früher, als die centralen Strahlen, welche mehr durch den mittleren Theil der Linse fallen. Die Centralstrahlen sind nun diejenigen, welche sich im Hauptbrennpunkte der Linse vereinigen und das deutlichste und schärfste Bild geben, während die Randstrahlen s. g. Zerstreuungskreise bilden, welche die Wahrnehmung des Hauptbildes stören. Die Erscheinung wird die sphärische Aberration genannt. Dieselbe ist um so stärker, je näher das leuchtende Object dem dioptrischen Medium liegt. Um die sphärische Aberration möglichst zu verhüten, bedient man sich in optischen Instrumenten der künstlichen Diaphragmen, deren Stelle im natürlichen Auge die Regenbogenhaut mit ihrer Pupille vertritt. Die Iris deckt den Rand der Linse und gestattet auf diese Weise bloss den auf die Mitte der Linse fallenden Strahlen den Durchgang. Obgleich nun die Iris mit ihrer Pupille bei der Accommodation des Auges für nahe und ferne Objecte im menschlichen Auge nur eine untergeordnete Rolle spielt (Lehrbuch der Ophthalmologie pag. 98—100), so ist ihr Einfluss dabei, besonders durch die Verhütung der sphärischen Aberration, die im menschlichen Auge freilich nicht bedeutend ist, doch von Wichtigkeit. Daher nehmen wir denn auch wahr, dass die Pupille beim Nahesehen ihren Durchmesser verkleinert und beim Sehen in die Ferne vergrössert. Der Einfluss der Diaphragmen auf die Deutlichkeit und Schärfe des Bildes hinter dioptrischen Medien kann aufs Schönste am Ophthalmotrop nachgewiesen werden. Man stelle in einer mässigen Entfernung ein Licht vor demselben auf, und accommodire die künstlichen Augen

für eine grössere Entfernung, so wird das Licht in Form eines Zerstreuungskreises in demselben erscheinen. Jetzt halte man aber ein Kartenblatt mit einem Löchelchen, von der Grösse eines Stecknadelkopfes, vor die Augen des Ophthalmotrops, so wird das Licht auf der Stelle schärfer und klarer erscheinen.

6. Der Winkel, welcher zwischen den im Kreuzungspunkte sich schneidenden Richtungslinien zweier Objectspunkte liegt, ist der Sehwinkel. Dieser Winkel wächst mit der Entfernung der Punkte des Objectes von einander, und da der Winkel zwischen den Richtungslinien vor und hinter dem Kreuzungspunkte sich gleich ist, so wächst auch mit dem Winkel vor dem Kreuzungspunkte die Entfernung der entsprechenden Punkte des Netzhautbildchens. Gegenstände verschiedener Entfernungen, welche gleich grosse Sehwinkel haben, müssen demnach auch gleich grosse Bilder auf der Netzhaut entwerfen und ihr Bild muss, wenn sie zu demselben Sehwinkel gehören, dieselbe Stelle der Netzhaut einnehmen. Aus diesem Grunde können uns verschieden grosse Objecte, wenn wir sie in entsprechenden verschiedenen Entfernungen wahrnehmen, von gleicher Grösse erscheinen, vorausgesetzt, dass wir andere Merkmale ausser Acht lassen, die uns zur richtigen Schätzung der wahren Grösse verhelfen. Wollen wir diesen, schon aus optischen Gesetzen leicht zu erörternden Satz auch durch ein Experiment am Ophthalmotrop beweisen, so müssen wir in einiger Entfernung vor demselben einen Körper aufstellen und auf ihn die Sehaxe eines künstlichen Auges richten. Nehmen wir dann einen zweiten grösseren Körper und stellen wir denselben in gerader Richtung mit dem ersten kleineren weiter vom Ophthalmotrop entfernt auf, so werden wir nach einigem Probiren demselben bald eine Stelle anweisen können, von der sein Bild in derselben Grösse auf denselben Stellen des die Netzhaut vorstellenden Glases des künstlichen Auges erscheint.

Die eben genannte Thatsache bildet den Fundamentalsatz für die Gesetze der Perspective, von der man sich ebenfalls durch das Ophthalmotrop eine klarere Anschauung verschaffen kann, indem man in den künstlichen Augen desselben sehr deutlich wahrnimmt, wie verschieden entfernte Objecte sich perspectivisch auf der Netzhaut abbilden.

7. Man erhält durch sammelnde dioptrische Medien hinter den Sammellinsen verkehrte Bilder der Objecte. Sind die Objecte weiter von dem sammelnden brechenden Medium entfernt, als die doppelte Brennweite desselben, so liegt das Bild in geringer Entfernung hinter demselben und ist kleiner als das Object. Auf diese Weise verhält es sich mit dem Auge; daher entwirft ein Gegenstand mit räumlicher Ausdehnung, der Lichtstrahlen ins Auge schickt, auf der Retina ein umgekehrtes verkleinertes Bild; was im Object oben ist, erscheint auf der Retina unten, was rechts liegt, erscheint links u. s. w. Ein Blick in das Ophthalmotrop, dessen Augen dem menschlichen Auge nachgebildet sind, überzeugt uns auf der Stelle von dem eben Gesagten. Dass wir dennoch die Objecte in einer der Wirklichkeit entsprechenden Richtung, d. h. an dem Orte, wo sie sind, also das Obere oben, das Untere unten, das Rechte rechts, das Linke links sehen, hängt davon ab, dass wir die Affectionen der einzelnen Netzhautstellen in der Form von Gesichtsvorstellungen nach Aussen projiciren und zwar in der Richtung der Richtungslinie der afficirten Netzhautstelle (Lehrbuch der Ophthalmologie, Seite 129—134).

Alle Gesichtsvorstellungen sind, wie die Zustände aller anderen Sinne, das Resultat einer Wechselwirkung äusserer Eindrücke und innerer Energien. Als äussere Eindrücke bezeichne ich alle die Agentien, welche auf die Nerven wirken, mögen sie innerhalb oder ausserhalb des Organismus liegen. Die inneren Energien beziehen sich nur auf den nervösen Apparat und sie bestehen, in Beziehung auf den Gesichtssinn darin, dass er fähig ist, äussere Eindrücke

zu empfinden, die dadurch veranlassten Veränderungen zum Sensorium fortzuleiten und in der Form eines Gesichtseindruckes wieder nach Aussen zu projiciren. Hierbei leiten die Sehnerven nicht den Reiz selbst, die Empfindungsursache, z. B. das Licht zum Gehirn, sondern sie pflanzen nur einen in ihnen selbst durch das Licht bewirkten Zustand fort. Die Zustände, welche von der Retina den Empfindungsnerven mitgetheilt werden, sind als solche noch keine Gesichtsvorstellungen, sondern sie werden es erst durch ihre Fortpflanzung zum Gehirn. Im Gehirn wird erst die selbstbewusste Empfindung geschaffen und vom Gehirn aus nach dem Gesetze der excentrischen Erscheinung nach aussen projicirt. Die Projection der Gesichtsvorstellung nach aussen scheint, ebenso wie die Bildung derselben, wenigstens vorzüglich von der Gehirnthätigkeit auszugehen; denn es werden, bei Unthätigkeit oder gänzlicher Zerstörung der Retina und der Sehnerven, nicht bloss Gesichtsvorstellungen geschaffen, sondern auch noch nach aussen projicirt, gleich wie nach Amputation der Glieder dem Menschen die Empfindung bleibt, als wären dieselben noch vorhanden. Wird der Sehnerv vom Gehirn getrennt, so findet keine Leitung zum Gehirn mehr statt, es kommt dann nicht mehr zu einer bewussten Empfindung der durch das Licht veranlassten Zustände. Auch bei der Projection der Gesichtsvorstellungen nach aussen scheint sich die Retina nicht unthätig zu verhalten, weil dieselbe von einer und derselben Netzhautstelle stets in derselben Richtung und zwar in der Sehlinie (welche für denselben Netzhautpunkt unter allen Verhältnissen stets dieselbe bleibt) nach aussen erfolgt, mag die Stelle in einer Richtung afficirt sein, in welcher sie wolle. Die Projection nach aussen geht demnach ursprünglich vom Gehirn aus, ihre Richtung scheint aber von der Retina bedingt zu werden.

Die Richtung, in welcher uns die Gesichtsphänomene zur bewussten Anschauung kommen, hängt weder ab von

der Richtung, in welcher die Lichtstrahlen, oder ein anderer Reiz die Retina treffen, oder in sie eindringen, noch von der zum Bewusstsein kommenden Function der Augenmuskeln, noch von der Beihülfe des Tastsinnes, sondern einzig und allein von der angeborenen Eigenschaft der kleinsten Theile der Retina, die in ihnen vorgehenden, unter der Form von Gesichtsphänomenen zum Bewusstsein kommenden Veränderungen stets in der Sehlinie nach aussen zu versetzen, mag der Lichtstrahl oder Reiz sie in was immer für einer Richtung treffen. Dies ist eine empirisch zu erweisende Thatsache, die durch die Erscheinungen, welche beim Scheiner'schen Versuche, sowohl am Ophthalmotrop als am lebendigen Auge sich zeigen, erläutert wird.

Sticht man in ein Kartenblatt zwei Löcherchen näher an einander, als die Pupille im Durchmesser beträgt, und sieht man durch diese Löcherchen gegen den hellen Himmel, so bemerkt man zwei lichte Kreise, welche theilweise sich decken, und da, wo sie sich decken, eine lichtere Stelle bedingen, als da, wo sie sich nicht decken. Betrachtet man ein Object, (am besten eine Nadel) durch die Kartenlöcher so, dass sein Bild in der lichteren Stelle der Lichtkreise schwebt, so erscheint es in der Entfernung des deutlichen Sehens einfach, bei grösserer Nähe oder grösserer Ferne dagegen doppelt. Die Entstehung der Doppelbilder hängt damit zusammen, dass die Lichtstrahlen in der Entfernung des deutlichen Sehens auf der Retina sich vereinigen, während sie, wenn sie von zu nahen Objecten kommen, sich hinter der Retina, und wenn sie von zu fernen Objecten kommen, vor der Retina vereinigen, und auf diese Weise Zerstreuungskreise auf die Retina werfen, welche als distincte, aber blasse Bilder erscheinen; denn die Löcherchen sind so klein, dass durch sie die übrigen Zerstreuungskreise abgehalten werden.

Wird ein zu naher Gegenstand betrachtet, so ver-

schwindet, beim Zuhalten eines Loches im Kartenblatte, das Doppelbild der entgegengesetzten Seite, und, beim Betrachten eines zu fernen Gegenstandes, das derselben Seite.

Die Erscheinungen des eben genannten Versuches liefern uns den empirischen Beweis für die oben erörterte Behauptung, dass die Richtung, in welcher uns die Gesichtsphänomene zur bewussten Anschauung kommen, einzig und allein von der angeborenen Eigenschaft der kleinsten Theile der Retina, die in ihnen vorgehenden, unter der Form von Gesichtsphänomenen zum Bewusstsein kommenden Veränderungen stets in der Richtung der Sehlinien nach aussen zu versetzen. Denn, wenn das Doppelbild der entgegengesetzten Seite beim Betrachten eines zu nahen Gegenstandes und beim Zuhalten eines Loches im Kartenblatte zu verschwinden scheint, so verschwindet eigentlich auf der Retina das Bild derselben Seite; dagegen verschwindet eigentlich das Bild der Retina auf der entgegengesetzten Seite wenn beim Betrachten eines zu fernen Gegenstandes und beim Zuhalten eines Loches im Kartenblatt das Bild derselben Seite zu verschwinden scheint. Dies wird am einfachsten durch das Ophthalmotrop bewiesen: man accommodire ein künstliches Auge desselben für eine bestimmte Entfernung und halte nahe vor die Pupille das Kartenblatt mit den beiden Löcherchen, so werden zwei distincte Lichtbilder im Ophthalmotrop erscheinen, wenn man ein Licht zwischen dem Ophthalmotrop und dem Punkte, für welchen dasselbe accommodirt ist, aufstellt. Hält man jetzt das eine Loch des Kartenblattes zu, so verschwindet das Lichtbild derselben Seite, während dem natürlichen Auge hierbei das Lichtbild der entgegengesetzten Seite zu verschwinden scheinen würde, weil das Lichtbild derselben Seite von der Retina in der Richtung der Sehlinie nach aussen projicirt wird. Umgekehrt verhält es sich, wenn man dasselbe Experiment mit dem Opththalmotrop bei zu grosser Entfernung des Lichtes anstellt.

Mit den Erscheinungen des eben erwähnten Scheiner'schen Versuches können wir das Doppel- und Vielfachsehen mit einem Auge auf eine passende Weise zusammenstellen, welches häufig von Augenkranken beobachtet wird, die an einer partiellen, facettirten Verdunkelung der Cornea, oder der Linse, oder ihrer Kapsel leiden. Solche Kranke sehen häufig ein Licht oder einen anderen glänzenden Gegenstand, z. B. den Mond, doppelt oder vielfach. Zum Beweise, dass die Vervielfältigung der Bilder hier auf dieselbe Weise, wie es beim Scheiner'schen Versuche geschieht, veranlasst werde, dient mir das Verschwinden der Doppelbilder von derselben Seite, wenn man die Pupille zur Hälfte mit einem Kartenblatte zuhält. Um dieselben Erscheinungen am Ophthalmotrop hervorzubringen, braucht man nur ein mit mehreren Löchern versehenes Papier auf die vordere oder hintere Fläche der Cornea, oder auf die vordere Fläche der Linse des für eine bestimmte Entfernung accommodirten künstlichen Auges zu kleben, und ein Licht vor oder hinter dem Punkt der Accommodation aufzustellen. Verdeckt man dann die Hälfte der Pupille mit einem Kartenblatte, so werden, weil wir es hier mit einem künstlichen Auge zu thun haben, wo die Projection nach aussen in der Richtung der Richtungslinien fehlt, die Doppelbilder derselben Seite verschwinden, wenn das Licht vor dem Punkte der Accommodation aufgestellt ist, dagegen die Bilder der entgegengesetzten Seite, wenn das Licht hinter dem Punkte der Accommodation steht.

8. Es giebt im lebendigen Auge eine Menge von Erscheinungen, welche von kleinen Objecten herrühren, z. B. vom Blut, von Aederchen und Körperchen, die sich in oder auf dem Auge selbst befinden, und die entweder das Licht anders brechen, als die normalen durchsichtigen Medien, oder undurchsichtig sind und deshalb Schatten auf die Retina werfen. Zwar ist vielfach behauptet worden, dass

alle Gesichtserscheinungen, welche ohne entsprechende, vom Auge entfernt liegende, äussere Objecte auftreten, Producte einer physiologischen oder krankhaft bildenden Thätigkeit der Netzhaut sein müssten, indem kein Auge kurzsichtig genug sei, d. h. keine so grosse Brechungskraft besitze, um die in oder auf dem Auge befindlichen Objecte zur Anschauung zu bringen; daher sähen Kranke die beginnende Cataracte, oder scharf begrenzte Hornhautflecken, oder Flecken, welche nach Staaroperationen im Humor aqueus herumschwimmen, nicht.

Dies so allgemein hingestellt ist unrichtig, denn allerdings können die in oder auf dem Auge selbst befindlichen Objecte unter sehr verschiedenen, in den klinischen Beiträgen und im Lehrbuche der Ophthalmologie erörterten Verhältnissen, zur subjectiven Anschauung gebracht werden [1]).

Hat das ins Auge fallende Licht, wie es beim gewöhnlichen Sehen der Fall ist, eine passende convergente Richtung, wobei von jedem Punkte des Objectes ein Lichtkegel auf das Auge fällt, dessen Spitze im leuchtenden Körper und dessen Basis auf der Cornea liegt, und dem ein anderer Lichtkegel, dessen Basis ebenfalls auf der Cornea und dessen Spitze bei richtiger Accommodation auf der Retina liegt, entspricht, so können nur solche Körperchen, die kleiner sind als die Pupille, im eigenen Auge gesehen werden, wenn sie nahe vor der Retina liegen. Denn es giebt bekanntlich so viele Lichtkegel und es zeichnen sich auf der Retina so viele Punkte ab, als leuchtende Punkte eines Objectes Lichtstrahlen ins Auge schicken. Ein dunkeler Fleck in der Hornhaut, oder in der Krystalllinse u. s. w., der kleiner ist, als die Pupille, könnte daher wohl den Durchtritt einiger Lichtstrahlen eines oder mehrerer dieser Lichtkegel hemmen, keineswegs aber einen Punkt des Ge-

1) Man vergleiche auch besonders den vorhergehenden Aufsatz des Herrn Professor Listing.

genstandes gänzlich unsichtbar machen, d. h. einen Theil der Retina beschatten, indem die übrigen ungehindert durchtretenden Lichtstrahlen noch hinreichen, um ein vollständiges, nur etwas dunkeleres Bild auf der Retina zu entwerfen. Liegen aber kleine, das Licht anders, als die normalen durchsichtigen Medien des Auges, brechende, oder dunkele Körperchen in geringer Entfernung vor der Retina, so können diese eine unregelmässige Brechung der Lichtstrahlen und dadurch Farbenerscheinungen im Auge hervorrufen, oder Schatten auf die Retina werfen, und einzelne Stellen eines Objectes unsichtbar machen. Je näher der Retina das die Lichtstrahlen auffangende Körperchen liegt, um desto kleiner, schärfer begrenzt und dunkeler wird der von ihnen geworfene Schatten sein, und je weiter von derselben entfernt es sich befindet, um desto grösser, blasser und verwaschener wird der Schatten erscheinen.

Die Erscheinungen, welche durch in oder auf dem Auge befindliche Körperchen hervorgerufen werden, sind unter den Namen der Mouches volantes oder der Scotome bekannt; sie zeigen sich unter mannigfaltigen Modificationen und Combinationen, obgleich sie alle auf wenige Grundformen zu reduciren sind. Ihre Grundform ist immer die kreisrunde und ihre Schattirung hängt von der Stärke des Lichtes ab; sie brechen das Licht in der Art wie ein Wassertropfen unter dem Mikroskope, der mit einem dunkelen Rande erscheint, während die Mitte erleuchtet ist. Dieser dunkele Rand wirft dann einen Schatten auf die Retina, der bei manchen Scotomen auch einen dunkelen Mittelpunkt zeigt. Der Schatten ist um so dunkeler, je geringer die Lichtstärke ist.

Viele dieser Körperchen liegen zerstreut und einzeln, andere in unregelmässigen Gruppen und in verschiedener Zahl neben einander, und scheinen durch feine Fädchen mit einander vereint zu sein. Andere reihen sich rosenkranzförmig an einander und bilden so Schnüre, die aber keine Seitenwände haben, und in denen man die einzelnen ku-

gelartigen Elemente noch deutlich unterscheidet. Diese Schnüre durchkreuzen sich oft vielfach mit einander und bilden knotenförmige Schlingen. Sie sind oft lang gestreckt, oft schlangen - oder knieförmig gebogen, und in dem Knie sieht man dann stets ein grösseres Kügelchen. Bei manchen kommen auch Kügelchen vor mit ein oder zwei Schwänzen. Diese haben nach den davon entworfenen Zeichnungen eine grosse Aehnlichkeit mit Spermatozoen, besonders die mit einem Schwanze. Haben sie zwei Schwänze, so stehen sich dieselben diametral gegenüber. Diese geschwänzten Körperchen sind offenbar nichts anderes, als einzelne Kügelchen, die sich von jenen gruppenförmig gelagerten, und durch Fädchen mit einander verbundenen, isolirt haben. Noch seltener kommen grössere Kügelchen mit zwei bis drei dunkelen Kernen vor, die grosse Aehnlichkeit mit Epitheliumzellen der Zunge haben, deren Kerne durch Essigsäure sichtbar gemacht sind, und die Henle abgebildet hat. Die eben beschriebenen Scotome erscheinen alle unter den gehörigen Verhältnissen deutlich und mit scharf begrenzten Conturen. Hinter ihnen, bei aufrecht stehendem Kopfe, oder unter ihnen, bei gesenktem Kopfe, z. B. beim Blick in ein Mikroskop, befindet sich eine zweite und selbst eine dritte Lage, deren einzelne Körperchen im Allgemeinen jene oben beschriebene Form zeigen, aber nebelförmig und mit verwaschenen Umrissen erscheinen. Die dritte Lage ist immer viel blasser und verwaschener als die zweite. Die erste Schicht erscheint deshalb deutlicher, weil sie der Retina um ein weniges näher als die zweite und dritte liegt. Eine vierte Schicht habe ich nie mit Sicherheit wahrnehmen können, obgleich mehrere meiner Freunde sie zu sehen behaupteten. Die beschriebene Gestalt der Scotome ist ganz constant, nicht bloss unter verschiedenen Umständen und zu verschiedenen Zeiten, sondern auch bei verschiedenen gesunden und kranken Menschen.

Die Wahrheit der Theorie von den angegebenen Erscheinungen können wir durch ein einfaches Experiment mit dem Ophthalmotrop beweisen; befestiget man nämlich unmittelbar auf der Cornea, vor und hinter der Linse, in verschiedenen Entfernungen von dem Glase, welches die Retina im künstlichen Auge vorstellt, Schnüre von feinen durchsichtigen Glasperlen, und richtet man dann das Ophthalmotrop gegen den hellen Himmel, so sieht man ganz dieselbe Erscheinung, wie die im menschlichen Auge: nämlich nur die Perlen, welche ganz nahe vor der Retina liegen, erscheinen als dunkele distincte Schatten, während die, welche weiter von der Retina entfernt liegen, grössere, verwaschene, hellere Schatten bilden; die noch weiter entfernt liegenden kommen aber unter diesen Umständen gar nicht zur Wahrnehmung.

Sollen die Zellen, Körperchen, Verdunkelungen und Blutgefässe, welche sowohl in der Norm als bei Krankheiten weiter von der Retina entfernt, im Glaskörper, oder in der Linse, oder im Humor aqueus, oder auf der Hornhaut liegen, zur subjectiven Anschauung gelangen, so muss das Licht im Auge eine parallele oder divergente Richtung haben.

Um dem Lichte im Auge eine parallele, oder selbst divergente Richtung zu geben, muss man sich der kleinsten, mit der Spitze einer sehr feinen Nähnadel gemachten Oeffnung in einem Kartenblatte bedienen, oder des Lichtbildchens, welches auf der Wölbung eines Fingerringes durch das auffallende Tageslicht, oder die Kerzenflamme entsteht, indem man den Ring ganz nahe vor das Auge hält. Man sieht hierbei 1) runde Körperchen, welche sich sowohl durch ihre scheinbare Grösse, als durch ihre Unbeweglichkeit von den oben beschriebenen perlschnurförmigen deutlich unterscheiden. Sie sind vier- bis sechsmal so gross, als jene, haben einen einfachen dunkelen Rand und liegen in geringer Zahl in der Hornhaut. 2) Bemerkt man beim

Blinzeln kleine durchsichtige Körperchen, die wie Wassertröpfchen über die Hornhaut herabzugleiten scheinen. Es sind dies aber kleine Bläschen, welche sich in den Thränen und im Schleim beim Blinzeln bilden, und auf der Hornhaut durch Capillarität emporsteigen. Dass sie emporsteigen und nicht herabsinken, lässt sich leicht mit einer Loupe an fremden Augen beobachten, und zwar am leichtesten an solchen, die etwas an Blennorrhoe leiden. Ausserdem ist es auch aus optischen Gesetzen klar, dass Schatten, die von Objecten, welche in oder auf dem Auge sich befinden, herrühren, eine Bewegung zu machen scheinen müssen, die mit der Bewegung der Objecte eine entgegengesetzte Richtung hat. 3) Sieht man verschiedene Figuren in Form von Sternen, Streifen u. s. w., die ohne Zweifel ihren Sitz in der vorderen Linsenkapsel oder in der Linse selbst haben (Listing a. a. O.). 4) Schweben vor allen diesen Objecten noch die gewöhnlichen Mouches volantes herum, die wahrscheinlich von solchen Zellen herrühren, welche zwischen der Linse und der hinteren Kapselwand und auch vielleicht im Glaskörper ihren Sitz haben.

Um sich von der Richtigkeit der Theorie dieser Erscheinungen zu überzeugen, male man auf die Hornhaut und die Linse des künstlichen Auges, in welchem die oben genannten Perlschnüre aufgehängt sind, Flecken, Sterne und dergleichen mit Touche, halte darauf ein Kartenblatt mit einem Löchelchen nahe vor dasselbe und richte das Auge dabei gegen den hellen Himmel, so werden, weil das hierbei ins Auge fallende Licht eine parallele oder selbst divergente Richtung bekommt, nicht bloss jene, im ganzen Auge vertheilten Perlschnüre, sondern auch die gemalten Flecken und Sternchen Schatten auf die Retina werfen. Bewegt man hierbei durch Schütteln des Auges die aufgehängten Perlschnüre, so wechseln die von ihnen herrührenden Schatten ihre Lage auf der Retina, während die, welche von den gemalten Flecken und Sternchen

herrühen, unverändert dieselbe Lage auf der Retina bei behalten.

Ueber die Natur der den Mouches volantes zum Grunde liegenden materiellen Körperchen, so wie über deren reelle Existenz und über die Bedingungen, unter welchen sie zur Anschauung kommen, habe ich mich hinreichend in meinen klinischen Beiträgen, in den hannoverschen Annalen und in meinem Lehrbuche der Ophthalmologie ausgesprochen. Die Experimente mit dem Ophthalmotrop beweisen, dass jene Ansichten richtig sind.

9) Beer sagt in seinem Werke über die Augenkrankheiten: „Wenn das Auge durch Flecken oder Narben in der Mitte der Hornhaut, oder durch eine partielle Verwachsung der Regenbogenhaut mit der Hornhaut (Andere fügen diesen Fehlern noch Colobome, Cataracten, besonders Cataracta centralis, partielle Verdunkelung des Glaskörpers u. s. w. hinzu), folglich durch Verengerung und Verstellung der Pupille gezwungen wird, von der Sehaxe zu declinieren, um nur einigermassen sehen zu können, so entsteht eine Art von Schielen". „Aber unmöglich kann, sagt J. Müller (Physiologie des Gesichtssinnes §. 223), das Schielen aus der Ursache eintreten, welche Beer angegeben hat. Denn wenn das kranke Auge von der Sehaxe declinirte, um besser sehen zu können, so müsste nothwendig Doppelsehen entstehen. Ueberdies müsste, wenn der angegebene Grund richtig wäre, bei einer seitlichen künstlichen Pupille immer Schielen entstehen. Die künstliche seitliche Pupille wird aber nur dann dem Gegenstande e diametro zugewandt, wenn das operirte Auge allein fixiren soll."

Ungeachtet dieser von J. Müller schon vor vielen Jahren mit Recht ausgesprochenen, und von mir in meinem Buche über das Schielen noch weiter ausgeführten Einwände gegen die falsche Behauptung Beer's, halten doch die meisten Augenärzte dieselbe jetzt noch für richtig; es wird daher zweckmässig sein, den Einfluss, welchen

die genannten Krankheiten der Hornhaut, der Linse u. s. w. auf das Sehen auszuüben vermögen, mit dem Ophthalmotrop, welches sich zu diesem Zwecke besonders eignet, zu untersuchen. Für Physiker und Physiologen sind solche Untersuchungen freilich unnöthig, denn diese wissen schon aus physikalischen Gesetzen den Einfluss der Verdunkelungen der brechenden Medien des Auges hinreichend zu würdigen. Die s. g. Ophthalmologen besitzen aber in der Regel keinen hinreichenden Fond physikalischer Kenntnisse und diese mögen vorzugsweise das Ophthalmotrop zu dem gedachten Zwecke zur Hand nehmen. Auch eignet sich das Instrument ganz besonders dazu, um in den Vorlesungen die theoretisch erörterten Sätze durch Experimente zu beweisen.

Klebt man auf die Cornea eines künstlichen Auges ein rundes Stück Papier, von einem etwas geringeren Durchmesser als der der Pupille ist, so werden trotz dem alle Objecte, auf welche das Auge gerichtet wird, deutlich und scharf auf dem Glase, welches die Retina vorstellt, erscheinen, und zwar nicht bloss die, welche zur Seite, sondern auch die, welche in der Richtung der optischen Axen liegen. Auch das natürliche, mit einer Macula centralis behaftete Auge sieht unter ähnlichen Verhältnissen, alle im Sehfelde liegenden Objecte, aber am deutlichsten die, welche ihr Bild auf die Macula lutea werfen. Wollte aber das Auge, um einen gerade vor ihm liegenden Gegenstand deutlicher zu sehen, sich zur Seite wenden, so würde das Bild, obgleich es dadurch in seiner physikalischen Schärfe und Deutlichkeit auf der Retina weder etwas verlöre noch gewönne, dennoch von der Seele undeutlich wahrgenommen werden, weil das die Aufmerksamkeit in Anspruch nehmende Object sein Bild auf einen seitlichen Theil der Retina würfe, von dem der Seele immer nur ein undeutliches Bild übertragen wird. Wäre hierbei das andere Auge gesund, so müsste zugleich Doppelsehen entstehen, was die Wahrnehmung sehr

stören würde. Es liegt hier also durchaus kein Grund zur Entstehung des Schielens vor. Ganz ebenso verhält es sich, wenn ein Leucom von der einen oder von der anderen Seite die Hornhaut so weit überdeckt, dass nur ein kleiner Theil der Pupille frei bleibt, oder wenn der mittlere Theil, oder ein seitlicher Theil der Crystalllinse verdunkelt ist, was man leicht dadurch nachweisen kann, wenn man ein Stückchen Papier auf die entsprechenden Theile des Ophthalmotrops klebt. Befindet sich aber ein Leucom auf der Hornhaut, welches so gross ist, dass es den ganzen Pupillenrand bedeckt, so wird durch keine Stellung des Auges eine nur einigermassen deutliche Wahrnehmung der Objecte möglich werden. Verdunkelungen, welche unmittelbar hinter der Pupille sitzen, aber noch einen kleinen Theil derselben frei lassen, stören ebenfalls die Wahrnehmung der Objecte und zwar in der Art, dass sie das Bild im Ganzen etwas dunkeler, aber keineswegs einen Theil des Objects ganz unsichtbar machen. Auch hier hat die Stellung des Auges durchaus keinen Einfluss auf die physikalische Deutlichkeit und Helligkeit des Retinalbildes. Verdunkelungen im Hintergrunde des Auges stören um so mehr die Helligkeit und Deutlichkeit des Bildes der Objecte, je grösser sie sind, und je näher sie vor der Retina liegen. Sehr kleine Verdunkelungen, die unmittelbar vor der Retina liegen, können sogar, vorzüglich wenn sie in der optischen Axe liegen, den Zutritt aller Lichtstrahlen zur Retina, welche von einzelnen Punkten, oder von ganzen Objecten in das Auge fallen, verhindern und dadurch ganze Objecte oder einzelne Punkte derselben unsichtbar machen. Durch eine schiefe Stellung des Auges zu dem Objecte der Fixation wird auch hier nichts gewonnen, höchstens können die Objecte dadurch zur indirecten Anschauung gelangen, die aber immer eine sehr undeutliche Wahrnehmung gewährt. Verdunkelungen

im Hintergrunde des Auges, welche nicht in der optischen Axe liegen, stören das Sehen beiweitem weniger.

Aus obigen Angaben wird man den geringen Werth des in neuerer Zeit häufig gemachten Vorschlages entnehmen, bei ausgedehnten Verdunkelungen der Cornea auf der einen Seite den geraden Augenmuskel der entgegengesetzten Seite zu durchschneiden, um dadurch dem Auge zum Zwecke der deutlicheren Wahrnehmung der Objecte eine zweckmässigere Stellung zu geben. Ist man sich bei derartigen Verdunkelungen der Cornea über den etwaigen Erfolg einer solchen Operation nicht klar, so ahme man die vorhandene Verdunkelung der Cornea des natürlichen Auges durch Aufkleben von Papierstückchen auf die Cornea des künstlichen Auges nach, und gebe dann dem letzteren verschiedene Stellungen, um deren Einfluss auf die Verbesserung des Bildes auf der Retina zu beurtheilen. Hierdurch erlangt man stets sichere Anhaltspunkte für die Indicationen zu der gedachten Operation.

10. Bekanntlich erhält man durch einen Hohlspiegel von einem Gegenstande, welcher jenseits der Krümmung des Mittelpunktes des Spiegels liegt, ein umgekehrtes verkleinertes Bild zwischen dem Mittelpunkte und dem Hauptbrennpunkte des Spiegels, dagegen durch Convexspiegel ein verkleinertes aufrecht stehendes Bild eines Gegenstandes hinter dem Spiegel. Da wir nun auch im Auge convexe und concave spiegelnde Flächen besitzen, nämlich als convexe die Hornhaut und die vordere Linsenkapsel, als concave die hintere Linsenkapsel, so werden wir auch im Auge aufrecht stehende und umgekehrte verkleinerte Bilder der Objecte wahrnehmen. Am besten sieht man diese, wenn man nach Purkinje's Vorschrift dabei verfährt: man halte vor ein mit klaren Medien versehenes Auge, dessen Pupille erweitert ist, ein brennendes Licht, und man wird drei Bilder desselben im Auge sehen. Das erste, deutlichste, grösste steht aufrecht; das zweite, kleinere, hinter je-

nem befindliche, verkehrt; das dritte, hinterste, schwache, wieder aufrecht. Bewegt man das Licht vor dem Auge hin und her, so bewegt sich das mittelste verkehrte in entgegengesetzter Richtung, während die beiden aufrechten dem Lichte immer folgen. Das erste Bild ist ein Spiegelbild der Cornea, das zweite umgekehrte ein Spiegelbild der hinteren concaven Kapselwand, das dritte aufrecht stehende ein Spiegelbild der vorderen convexen Kapselwand. Ist nun die vordere Kapselwand verdunkelt, so sieht man nur das erste aufrechte Bild; ist die Linse oder die hintere Kapselwand verdunkelt, so sieht man die beiden aufrechten Bilder; dagegen alle drei Bilder, wenn die Trübung im Glaskörper liegt.

Die Brauchbarkeit dieses Versuches für die Diagnose des Sitzes mancher Krankheiten in den verschiedenen Theilen der brechenden Mittel des Auges kann ich durch vielfache Erfahrungen, und die Richtigkeit der davon gegebenen Theorie durch die Experimente am Ophthalmotrop bestätigen. Hält man nahe vor ein künstliches Auge ein Kerzenlicht, so sieht man auch hier zwei aufrecht stehende Spiegelbilder und ein umgekehrtes Spiegelbild. Nimmt man jetzt die Linse aus dem Auge heraus, so erscheint hier, wie in einem natürlichen Auge, dem die Krystalllinse mit der Kapsel genommen ist, nur ein aufrecht stehendes Bild, setzt man darauf eine andere, auf ihrer hinteren Fläche matt geschliffene Linse in das Auge, so sieht man nur zwei aufrecht stehende Bilder; setzt man aber anstatt der Linse ein concaves Glas in das Auge, so erscheinen auch zwei Bilder, von denen aber nur das erstere aufrecht und das zweite umgekehrt steht.

Druck von E. A. Huth in Gottingen.